

CLIPPEDIMAGE= JP404067130A

PAT-NO: JP404067130A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 04067130 A

TITLE: OPTICAL FIBER AMPLIFIER AND PRODUCTION THEREOF

PUBN-DATE: March 3, 1992

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

NODA, JUICHI

HORIGUCHI, MASAHIRO

NISHI, NORIO

HANABUSA, HIROAKI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>	N/A

APPL-NO: JP02180929

APPL-DATE: July 9, 1990

INT-CL (IPC): G02F001/35;H01S003/18

ABSTRACT:

PURPOSE: To improve the gain of optical amplification without deteriorating the input level of a transmission signal and light for photoexciting to optical fibers by constituting the entire part of the amplifier of the optical fibers so that the mode fields of the propagation light in a juncture are nearly coincident.

CONSTITUTION: One end near the connecting end of the optical fiber 14 for optical amplification is heated by a microburner, etc., to diffuse the dopant, i.e. Ge ions, of the core and is thereby equalized nearly to the core diameter of the optical fiber 17b for transmission. The central part of the core diffused part of the optical fiber 14 for optical amplification where the core is diffused is then cut and is fusion spliced to the optical fiber 17b for transmission. Therefore, the amplifier is fully constituted of the optical fibers. The amplifier is obtd. and in addition, the light intensity density of the signal light for transmission and the photoexciting light in the optical fiber 14 for optical amplification is increased. The efficiency of the optical

amplification gain is improved in this way without deteriorating the input level of the transmission signal light and the photoexciting light to the optical fibers.

COPYRIGHT: (C)1992,JPO&Japio

## ⑪ 公開特許公報 (A) 平4-67130

⑤Int.Cl.<sup>5</sup>G 02 F 1/35  
H 01 S 3/18

識別記号

501

府内整理番号

7246-2K  
9170-4M

⑥公開 平成4年(1992)3月3日

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全8頁)

⑦発明の名称 光ファイバ増幅器及びその製造方法

⑧特 願 平2-180929

⑨出 願 平2(1990)7月9日

⑩発明者 野田 壽一 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑪発明者 堀口 正治 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑫発明者 西 功雄 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑬発明者 花房 廣明 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑭出願人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

⑮代理人 弁理士 吉田 精孝

## 明細書

## 1. 発明の名称

光ファイバ増幅器及びその製造方法

## 2. 特許請求の範囲

(1) 光伝送用の低損失単一モード光ファイバと、希土類元素または遷移金属が添加された光増幅用光ファイバとの間に、信号光と増幅光を合波する光ファイバカップラが接続され、また該光増幅ファイバの後に光アイソレータと励起光を遮断するフィルタが接続されてなる光ファイバ増幅器において、

光伝送用光ファイバ、光増幅用光ファイバ、光ファイバカップラ用光ファイバを伝搬する光のモードフィールドがほぼ一致するように、それぞれの接続部のコアのドーパントまたはクラッドのドーパントを拡散してなる。

光ファイバ増幅器。

(2) 光伝送用の低損失単一モード光ファイバと、希土類元素または遷移金属が添加された光増幅用光ファイバとの間に、信号光と増幅光を合波する

光ファイバカップラが配置され、また該光増幅ファイバの後に光アイソレータと励起光を遮断するフィルタが接続されてなる光ファイバ増幅器の製造方法において、

光伝送用光ファイバ、光増幅用光ファイバ、光ファイバカップラ用光ファイバのそれぞれのコアパラメータが異なる場合、それぞれの光ファイバを融着接続後、

接続部を熱処理してコアのドーパントまたはクラッドのドーパントを拡散し、それぞれの光ファイバを伝搬する光のモードフィールドがほぼ一致するように処理する、

ことを特徴とする光ファイバ増幅器の製造方法。

(3) 光伝送用の低損失単一モード光ファイバと、希土類元素または遷移金属が添加された光増幅用光ファイバとの間に、信号光と増幅光を合波する光ファイバカップラが配置され、また該光増幅ファイバの後に光アイソレータと励起光を遮断するフィルタが接続されてなる光ファイバ増幅器の製造方法において、

光伝送用光ファイバ、光増幅用光ファイバ、光ファイバカップラ用光ファイバのそれぞれのコアパラメータが異なる場合、伝送用光ファイバのコア径に合致するように、予め光増幅用光ファイバおよび光ファイバカップラ用光ファイバの接続部を熱処理によってコアのドーバントまたはクラッドのドーバントを拡散させて広げ、それぞれの光ファイバを伝搬する光のモードフィールドがほぼ一致するようにした後、

それぞれの光ファイバを融着接続する、  
ことを特徴とする光ファイバ増幅器の製造方法。

### 3. 発明の詳細な説明

#### (産業上の利用分野)

本発明は、光ファイバ中に希土類元素または遷移金属が添加された光増幅用光ファイバの増幅利得を高くした光ファイバ増幅器およびその製造方法に関するものである。

#### (従来の技術)

近年、Nd(ネオジウム)、Er(ユーロビウム)等の希土類元素を添加した光ファイバ(以下光増

幅用光ファイバ)は、単一モード光ファイバレーザや光増幅器として光通信や光センサへの応用として注目されており、多くの報告がある。一例としてErを添加した光増幅光ファイバを用いて、波長 $1.48\mu m$ の半導体レーザを励起光源として波長 $1.54\mu m$ の信号光を増幅した実験が R.J.Mears et al : Electron. Lett., vol.23, pp.1028-1029 (1987)によって報告されている。また最近では光増幅用光ファイバを伝送用单一モード光ファイバの送信側と受信側に接続することによって送信レベル $10dB$ 、受信感度 $6dB$ を改善させ、これにより、 $1.8Gbit/s$ の $212km$ 伝送に成功しており(K.Higimoto et al : OFC'89, PD15, 1989)、光増幅用光ファイバが長距離光伝送にとって極めて効果的に寄与することが確認されている。

ところで光ファイバ増幅器をすべて光ファイバで構成すれば低損失化が実現されるので、光増幅器の全光ファイバ化が検討されている。第1図は、波長 $1.54\mu m$ を増幅する光ファイバ増幅器の構成図で、11a,11bはコネクタ、12は光励起用半導体

レーザモジュール、13は波長合分波光ファイバカップラ、14はEr添加の光増幅用光ファイバ、15は光アイソレータ、16は伝送信号のみを通過させるフィルタ、17a,17b,17c,17d,17eはカットオフ波長が $1.1\mu m \sim 1.2\mu m$ の伝送用光ファイバ、18a,18bは光ファイバカップラ用光ファイバ、19は反射防止端、20a,20b,20c,20d,20e,20fは融着接続点である。光ファイバ通信に有望視されているEr添加の光増幅用光ファイバでは、第2図に示すように波長 $1.55\mu m$ 帯の光を増幅でき、励起波長としては $1.47\mu m \sim 1.49\mu m$ が最も効率がよく、この他波長 $0.98\mu m$ 、 $0.807\mu m$ が有望な励起波長である。

#### (発明が解決しようとする課題)

従来構成では全体の系の低損失化を図るために、光増幅用光ファイバ14のパラメータ、すなわちモードフィールド径とカットオフ波長を光伝送用の单一モード光ファイバ17a～17eのパラメータと等価にしなければならなかった。何故ならば、パラメータの異なる光ファイバ同士を融着接続する

と光ファイバの接続損が大きくなり光増幅の効果が得られないからである。

一方、光増幅利得を上げるには励起用半導体レーザの出力を大きくする方法と、光ファイバ増幅用光ファイバ14のコア屈折率を大きくしコア径を小さくして、伝送信号光と励起光の光強度密度を上げ、伝送信号光と励起光の相互作用の効率を上げる方法がある。第3図は光増幅用光ファイバの比屈折率と光増幅利得効率(励起出力に対する増幅利得、 $dB/mW$ )の関係を示すグラフである。これで分かるように比屈折率と共に増幅利得効率は直線的に増加している。すなわちコア径で表せば、コア径が $1/2$ になると光増幅利得効率は4倍になるので極めて効果的である。しかしこの場合には光増幅用光ファイバ14のコア径が小さくなり、光ファイバカップラ13とのコア径が異なるため融着接続の接続損失が大きくなる。したがって光増幅用光ファイバ14のコア径を小さくした効果が相殺される。光ファイバカップラ13は、第4図に示すように融着延伸により融着延伸部42を形成するこ

とで作製されるが、波長合分波特性を得るために短波長で单一モードになる光ファイバを使用しなければならない。励起波長を $0.98\mu m$ にすると光ファイバカップラ13の光ファイバ41a,41bのコアのカットオフ波長を $0.90\mu m$ 程度にしなければならない。したがって、波長 $0.98\mu m$ と波長 $1.54\mu m$ の合分波の場合には、光ファイバカップラ用光ファイバ18aと伝送用光ファイバ17aとのコアパラメータが異なってくるので、2つの光ファイバの融着接続損失が大きい。同様に光増幅用光ファイバ14と光アイソレータ15の両端に固定される伝送用光ファイバ17b,17cとの融着接続も、両者の光ファイバのコアパラメータが異なるので接続損失も大きい。特にこの場合、両者のコア径が異なることによって接続点20dにおいて反射を生じ、この反射光が高い光増幅時に悪影響を及ぼす。

したがって従来の構成では、光増幅率を上げるには光増幅用の半導体レーザの出力をできる限り大きくする以外なかった。これは光励起用半導体

レーザの寿命を短くする原因にもなっていた。

このように従来の光ファイバ増幅器では、光ファイバで構成する場合には、光ファイバのパラメータや光増幅光ファイバの波長に制約があるため、効率の良い構成が出来ない欠点があった。

本発明の目的は、伝送信号光と光励起用光の光ファイバへの入力レベルを劣化させることなく光増幅利得効率を大幅に改善できる光ファイバ増幅器およびその製造方法を提供することにある。

#### (課題を解決するための手段)

本発明は前述の目的を達成するため、請求項(1)では、光伝送用の低損失单一モード光ファイバと、希土類元素または遷移金属が添加された光増幅用光ファイバとの間に、信号光と增幅光を合波する光ファイバカップラが接続され、また該光増幅ファイバの後に光アイソレータと励起光を遮断するフィルタが接続されてなる光ファイバ増幅器において、光伝送用光ファイバ、光増幅用光ファイバ、光ファイバカップラ用光ファイバを伝搬する光のモードフィールドがほぼ一致するように、

それぞれの接続部のコアのドーパントまたはクラッドのドーパントを拡散した。また、請求項(2)では、光伝送用の低損失单一モード光ファイバと、希土類元素または遷移金属が添加された光増幅用光ファイバとの間に、信号光と增幅光を合波する光ファイバカップラが配置され、また該光増幅ファイバの後に光アイソレータと励起光を遮断するフィルタが接続されてなる光ファイバ増幅器の製造方法において、光伝送用光ファイバ、光増幅用光ファイバ、光ファイバカップラ用光ファイバのそれぞれのコアパラメータが異なる場合、それぞれの光ファイバを融着接続後、接続部を熱処理してコアのドーパントまたはクラッドのドーパントを拡散し、それぞれの光ファイバを伝搬する光のモードフィールドがほぼ一致するように処理するようにした。請求項(3)では、光伝送用の低損失单一モード光ファイバと、希土類元素または遷移金属が添加された光増幅用光ファイバとの間に、信号光と增幅光を合波する光ファイバカップラが配置され、また該光増幅ファイバの後に光アイソ

レータと励起光を遮断するフィルタが接続されてなる光ファイバ増幅器の製造方法において、光伝送用光ファイバ、光増幅用光ファイバ、光ファイバカップラ用光ファイバのそれぞれのコアパラメータが異なる場合、伝送用光ファイバのコア径に合致するように、予め光増幅用光ファイバおよび光ファイバカップラ用光ファイバの接続部を熱処理によってコアのドーパントまたはクラッドのドーパントを拡散させて広げ、それぞれの光ファイバを伝搬する光のモードフィールドがほぼ一致するようにした後、それぞれの光ファイバを融着接続するようにした。

#### (作用)

請求項(1)では、すべて光ファイバで構成され、接続部での伝搬光のモードフィールドがほぼ一致するので、伝送信号光と光励起用光の光の光ファイバへの入力レベルを劣化させることなく、光増幅利得が大幅に改善される。また、請求項(2)(3)では熱処理によりコアのドーパントまたはクラッドのドーパントが拡散され、それぞれの光ファイ

バを伝搬する光のモードフィールドがほぼ一致するようになる。

#### (実施例)

本発明の構成は、基本的には第1図に示す従来の構成と変わらない。この実施例では、クラッドがSiO<sub>2</sub>からなり、コアがGeO<sub>2</sub>がドープされたSiO<sub>2</sub>からなる光ファイバについて述べる。まず伝送信号光の波長が1.55 μm、励起光の波長が1.48 μmの場合について述べる。まず、伝送信号光の波長が1.55 μm、励起光の波長が1.48 μmの場合について述べる。この場合、伝送用光ファイバ17a～17eと光ファイバカップラ用光ファイバ14のコアパラメータは等しい比屈折率Δ=0.3%、コア径8 μm、カットオフ波長1.15 μmを用いた。光ファイバカップラ14の波長特性は、第5図に示すように、波長1.48 μmの光は他の光ファイバへ結合し、波長1.54 μmの光は自分自身の光ファイバを透過し、損失0.3dB、アイソレーション21dBの特性を有する。光増幅用光ファイバ14のパラメータは、比屈折率Δ=1.5%、コア径8 μm、カットオフ波

長1.2 μmで、光ファイバ長は50mである。融着接続点20a, 20b, 20c, 20dは、同じパラメータの光ファイバ同士の接続であるから従来の接続法で行なわれる。一方、融着接続点20e, 20fは異種パラメータの接続で本発明が適用される。

本発明では、光増幅用光ファイバ14の接続端に近い一部を、同図(a)に示すようにマイクロバーナ65あるいは小形ヒータにより加熱してコア61のドーパントすなわちGeイオンを拡散せしめ、伝送用光ファイバ17bのコア径とほぼ等しくする。次にコア61が拡散した光増幅用光ファイバ14のコア拡散部62の中央部を切断し、同図(b)のように伝送用光ファイバ17bと融着接続(69)する。接続点20c, 20dの接続損失は、拡散処理以前では2.5dB以上であったが、本発明の方法により0.2dBに低減した。本発明により従来の構成に比べて光増幅利得率が約3dB/mW増加した。なお、63, 67はクラッド、64a, 64b, 68は被覆である。また、光ファイバカップラ13と光増幅用光ファイバ14の光ファイバ同士の拡散処理を前述の方法と同様に行う。

#### (実施例2)

この実施例でも、クラッドがSiO<sub>2</sub>からなり、コアがGeO<sub>2</sub>がドープされたSiO<sub>2</sub>からなる光ファイバについて述べる。伝送信号光ファイバの波長が1.55 μm、励起光の波長が0.98 μmの場合について述べる。この場合、伝送用光ファイバ17a, 17b、光ファイバカップラ用光ファイバ18a, 18b、光増幅用光ファイバ14のコアパラメータが何れも異なる。伝送用光ファイバ17a, 17bのパラメータは比屈折率Δ=0.3%、コア径8 μm、カットオフ波長1.15 μm、光ファイバカップラ用光ファイバ18a, 18bのパラメータは比屈折率Δ=0.6%、コア径5 μm、カットオフ波長0.90 μm、光増幅用光ファイバ14のパラメータは、比屈折率Δ=1.5%、コア径8 μm、カットオフ波長1.2 μmである。光ファイバカップラ13の波長特性は第7図に示すように、波長1.54 μmの光は他の光ファイバへ結合し、波長0.98 μmの光ファイバは自分自身の光ファイバを透過し、損失0.2dB アイソレーション25dBの特性を有する。本発明による方法で、これらいず

れもコアパラメータの異なる光ファイバを低損失で接続するには、あらかじめこれらの光ファイバを融着接続する。次に第8図(a)に示すように融着接続部20a, 20c, 20dのコア81, 82とクラッド83, 84とを、マイクロバーナ85あるいは小形ヒータにより加熱して、同図(b)に示すように、コアドーパントを半径方向ならびに軸方向に拡散せしめ、互いの光ファイバのコア径が融着接続点ではば等しくなるようにすればよい。図中85は融着接続面、87はコア拡散部である。接続点20aの接続損失は拡散処理以前では1.4dB、接続点20c, 20dの接続損失は拡散処理以前では2.5dB以上であったが、本発明の方法により何れも0.2dB以下に低減した。本発明によって従来の構成に比べ光増幅利得率が約5dB/mW増加した。

本発明の実施例では、クラッドがSiO<sub>2</sub>からなり、コアがGeO<sub>2</sub>がドープされたSiO<sub>2</sub>からなる光ファイバについて述べたが、クラッドがFドープSiO<sub>2</sub>からなり、コアがSiO<sub>2</sub>からなる光ファイバについても同様な効果が得られる。この場合Fイオンがコ

アに拡散するが、この拡散はGeイオンに比べ拡散が速いので、拡散温度を低くしたり、拡散時間を短くできる特徴がある。このほかGeイオンとFイオンの混合ドーパントの場合でも同様な効果が得られる。

#### (発明の効果)

以上述べたように、本発明の請求項(1)では全光ファイバで構成され光ファイバ増幅器を実現でき、しかも拡散処理を施した融着接続部により、伝送用信号光と光励起光の光増幅用光ファイバ内における光強度密度を高くできる結果、高効率な光増幅利得を得ることができる。これは光励起用の半導体レーザの入力強度が小さくても良いことを意味し、半導体レーザの寿命を長くできる長所にもなる。また、請求項(2)(3)では、前述の光ファイバ増幅器を簡易かつ的確に製造できる利点がある。

#### 4. 図面の簡単な説明

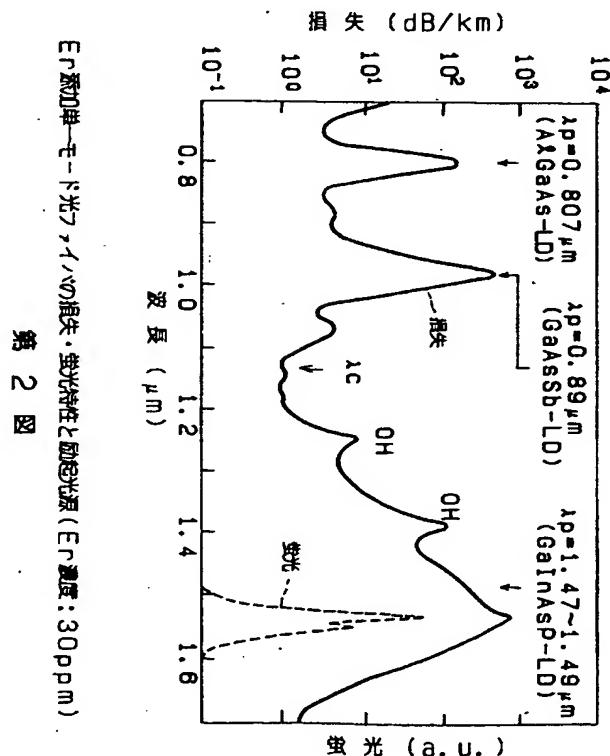
第1図は光ファイバ増幅器構成図、第2図はEr添加の光増幅用光ファイバの損失特性と蛍光特性

を示す図、第3図は光増幅用光ファイバの比屈折率と光利得効率（励起出力に対する増幅利得、dB /mW）の関係を示すグラフ、第4図は光ファイバカップラの融着延伸部の説明図、第5図は波長合分波光ファイバカップラの波長1.54 μm /1.48 μm 合分波特性を示す第1の実施例を示す拡散処理方法の説明図、第7図は波長合分波光ファイバカップラの波長1.54 μm /0.98 μm 合分波特性を示す図、第8図は本発明の第2の実施例を示す拡散処理方法の説明図である。

11a,11b …コネクタ、12…光励起用半導体レーザモジュール、13…波長合分波光ファイバカップラ、14…Er添加の光増幅用光ファイバ、15…光アイソレータ、16…伝送信号のみを通過させるフィルタ、17a,17b,17c,17d,17e …カットオフ波長が1.1 μm ~1.2 μm の伝送用光ファイバ、18a,18b …光ファイバカップラ用光ファイバ、19…反射防止端、20a,20b,20c,20d,20e,20f …融着接続点、41a,41b …コア、42…融着延伸部、61,66 …コア、62…コア拡散部、63,67 …クラッド、64a,64b,67

…被覆、65…マイクロバーナ、69…融着接続部（20a,20c,20dに相当する）、81,82 …コア、83,84 …クラッド、85…融着接続部（20a,20c,20dに相当する）、86…マイクロバーナ、87…拡散部。

特許出願人 日本電信電話株式会社  
代理人 弁理士 吉田 精孝

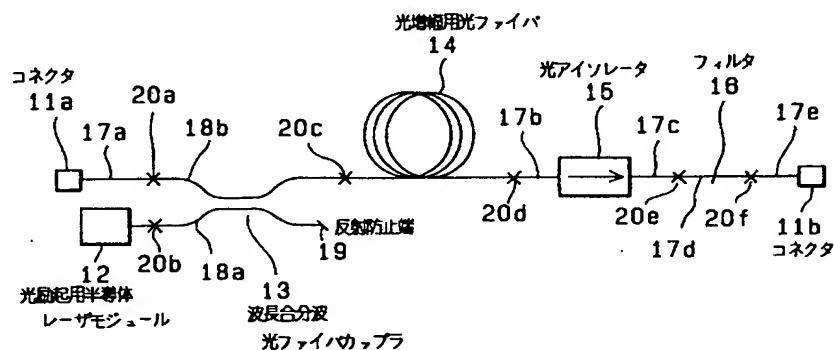


第2図

17a~17e:伝送用光ファイバ

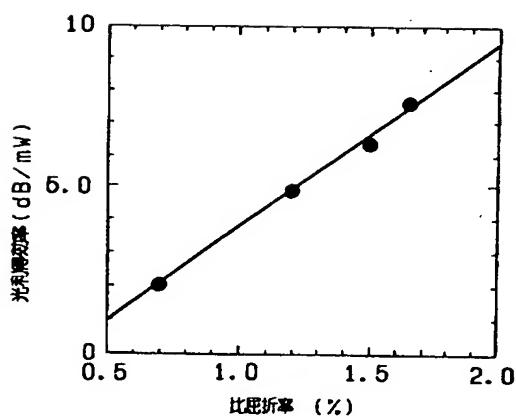
18a~18b:光ファイバカッパ用光ファイバ

20a~20f:融着接続点



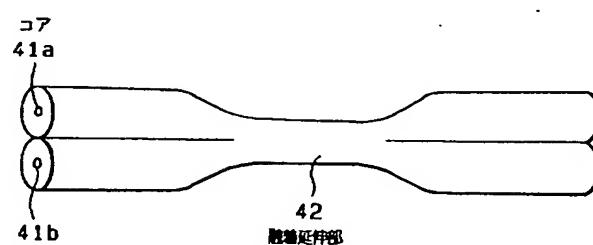
光ファイバ増幅器の構成図

第 1 図



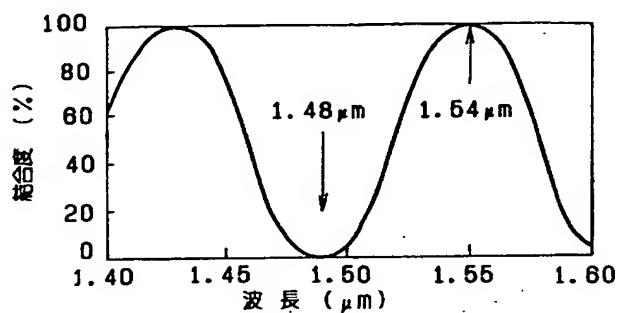
比屈折率と光利得効率の関係を示すグラフ

第 3 図



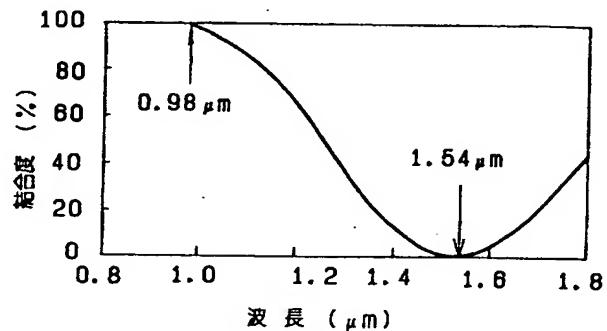
融着延伸部の説明図

第 4 図



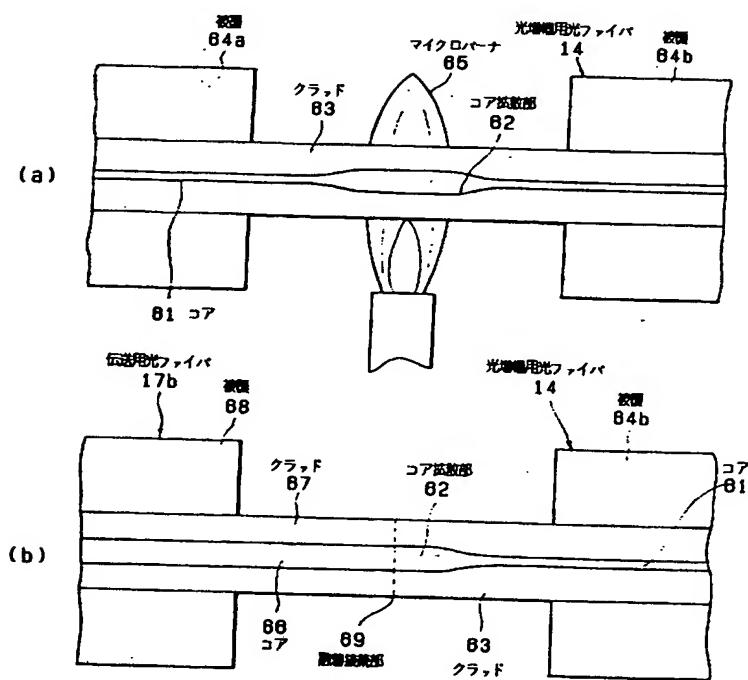
波長合分波特性図

第 5 図



波長合分波特性図

第 7 図



第1の実施例の説明図

第 6 図

## 手続補正書(方式)

平成 2年10月 2日

特許庁長官 植松 敏 殿

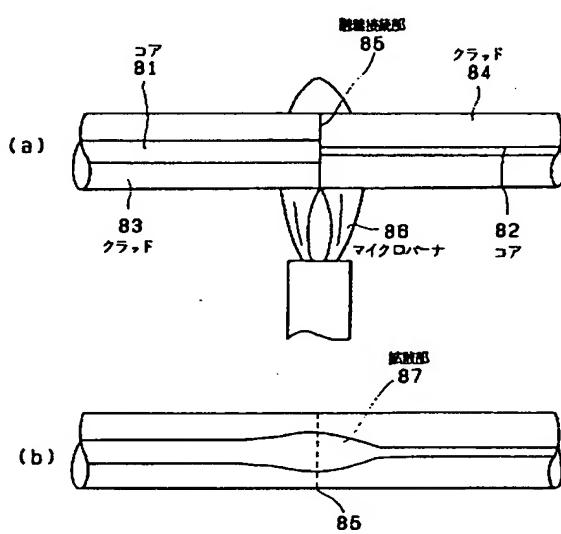
1. 事件の表示  
平成2年特許願第180929号

2. 発明の名称  
光ファイバ増幅器及びその製造方法

3. 補正をする者  
事件との関係 特許出願人  
住所 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号  
名称 (422) 日本電信電話株式会社  
代表者 児島 仁

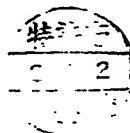
4. 代理人 〒105電(03)508-9866  
住所 東京都港区虎ノ門1丁目15番11号 林ビル  
氏名 (6998) 弁理士 吉田 精孝

5. 補正命令の日付  
平成2年9月25日(発送日)



第2の実施例の説明図

第 8 図



## 6. 補正の対象

明細書の「図面の簡単な説明」の欄

## 7. 補正の内容

明細書第16頁第6行目の「…を示」と「の第1…」  
と間に「す図、第6図は本発明」を加入する。